

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 10 - 180480

(43) 公開日 平成10年 (1998) 7月7日

|                            |       |                       |
|----------------------------|-------|-----------------------|
| (51) Int. Cl. <sup>6</sup> | 識別記号  | F I                   |
| B 2 3 K 35/26              | 3 1 0 | B 2 3 K 35/26 3 1 0 A |
| // B 2 3 K 101:36          |       |                       |
| 101:40                     |       |                       |

審査請求 未請求 請求項の数 7

OL

(全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平8-310692

(22) 出願日 平成8年 (1996) 11月21日

(31) 優先権主張番号 特願平8-296549

(32) 優先日 平8 (1996) 11月8日

(33) 優先権主張国 日本 (JP)

(71) 出願人 000217332

田中電子工業株式会社

東京都中央区日本橋茅場町2丁目6番6号

(72) 発明者 小柏 俊典

東京都三鷹市下連雀8丁目5番1号 田中電

子工業株式会社三鷹工場内

(72) 発明者 有川 孝俊

東京都三鷹市下連雀8丁目5番1号 田中電

子工業株式会社三鷹工場内

(74) 代理人 弁理士 早川 政名 (外1名)

(54) 【発明の名称】 無鉛半田材料及びそれを用いた電子部品

(57) 【要約】

【課題】 Sn 基であって、Ni 被膜を介在させて電子部材と基板を半田付けする際の接合性を向上し得る無鉛半田材料と、これを用いた電子部品を提供する。

【解決手段】 Fe, Ni のうち少なくとも1種を0.01~5.0重量%、及び残部がSnと不可避不純物からなる組成の無鉛半田材料とすることで、Ni 被膜を介在させた半田付けに際して、半田付け性劣化度を向上させる事が出来た。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 鉄(Fe)及びニッケル(Ni)のうち少なくとも1種を0.01~5.0重量%、及び残部が錫(Sn)と不可避不純物からなる無鉛半田材料。

【請求項2】 鉄(Fe)を0.01~4.99重量%、ニッケル(Ni)を0.01~4.99重量%であって、その合計量が0.02~5.0重量%、及び残部が錫(Sn)と不可避不純物からなる無鉛半田材料。

【請求項3】 鉄(Fe)及びニッケル(Ni)のうち少なくとも1種を0.01~5.0重量%、及び残部が錫(Sn)と不可避不純物からなる無鉛半田材料を用いて、電子部材と基板を、Ni被膜を介して接合した電子部品。

【請求項4】 鉄(Fe)を0.01~4.99重量%、ニッケル(Ni)を0.01~4.99重量%であって、その合計量が0.02~5.0重量%、及び残部が錫(Sn)と不可避不純物からなる無鉛半田材料を用いて、電子部材と基板を、Ni被膜を介して接合した電子部品。

【請求項5】 鉄(Fe)及びニッケル(Ni)のうち少なくとも1種を0.01~4.99重量%、選択成分が0.01~4.99重量%であって、その合計量が0.02~5.0重量%、及び残部が錫(Sn)と不可避不純物からなる無鉛半田材料を用いて、電子部材と基板を、Ni被膜を介して接合した電子部品。

【請求項6】 鉄(Fe)を0.01~4.98重量%、ニッケル(Ni)を0.01~4.98重量%、選択成分が0.01~4.98重量%であって、その合計量が0.03~5.0重量%、及び残部が錫(Sn)と不可避不純物からなる無鉛半田材料を用いて、電子部材と基板を、Ni被膜を介して接合した電子部品。

【請求項7】 上記電子部材がICチップ又はコンデンサであることを特徴とする請求項3~6のいずれか1項に記載の電子部品。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、鉛を使用しない半田材料でNi膜の損傷を防止する性能に優れた無鉛半田材料に関し、詳しくは、ICチップやコンデンサと基板を、Ni被膜を介して接合する際に用いて好適な無鉛半田材料、及びその半田材料を用いた電子部品に関する。

## 【0002】

【従来の技術】現在、半導体装置やハイブリッドIC等を実装する際にICチップやコンデンサ等と基板を接合する場合、5重量%Sn-95重量%Pb組成に代表される鉛(Pb)基半田材料を用いて接合が行われている。一方、最近は電子機器等の廃棄処理等の課題や環境対策の推進により、鉛を使用しない無鉛半田材料に関する要求が高まってきた。この為、前記ICチップやコンデンサ等の半田付け材と基板を接合するに適した無鉛半

田材料が要求されるが、融点、濡れ性、コストを考慮するとSn基無鉛半田材料が最も適している。

【0003】ここで、本発明に於いて電子部材とは、電子部品を実装するに際して基板と接合される半田付け材をいい、ICチップ等の電子素子、コンデンサ、抵抗等のチップ部品等があげられる。また電子部品とは、半田付けして実装された半導体装置、コンデンサ等のような機能部品や該機能部品等を搭載した配線基板をいう。

【0004】上記電子部材と基板を接合するに適した無鉛半田材料として、前述の事情から最近いろいろな提案がなされている。例えば特開平8-132277号には電子機器などの回路基板上に小型のチップ部品などを精度良く実装するに適したSn基無鉛半田材料が提案されている。

【0005】一方、電子部材と基板を半田付けする際にPb基半田材料を用いる場合、その接合性を向上させるためにNi、Cu等の被膜を介在させて半田付けすることが通常行われている。しかしながら、前記Sn基無鉛半田材料を用い、Ni被膜を介在させて半田付けを行った場合、Pb基半田材料を用いた時に得られたような接合性の向上が得られないという問題が生じてきた。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】前述の従来事情に鑑み、本発明では組成が無鉛であり、Sn基であって、Ni被膜を介在させて半田付けすることによる接合性(以下Ni介在接合性という)を向上させる事が出来るSn基無鉛半田材料及びこれを用いてなる電子部品を提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明者等が鋭意検討を重ねた結果、半田材料の組成を、Snの中に、Fe及びNiのうち少なくとも1種を所定量含有させることにより前述の目的を達成し得る事を知見し、本発明を完成するに至った。

【0008】すなわち本発明の無鉛半田材料は請求項1記載のように、Fe及びNiのうち少なくとも1種を0.01~5.0重量%、及び残部がSnと不可避不純物からなることを特徴とする。

【0009】また本発明の無鉛半田材料は請求項2記載のように、Fe:0.01~4.99重量%、Ni:0.01~4.99重量%でその合計量が0.02~5.0重量%、及び残部がSnと不可避不純物からなることを特徴とする。

【0010】本発明の電子部品は請求項3記載のように、Fe及びNiのうち少なくとも1種を0.01~5.0重量%、及び残部がSnと不可避不純物からなる無鉛半田材料を用いて、電子部材と基板を、Ni被膜を介して接合したことを特徴とする。

【0011】また本発明の電子部品は請求項4記載のように、Fe:0.01~4.99重量%、Ni:0.0

1~4.99重量%でその合計量が0.02~5.0重量%、及び残部がSnと不可避不純物からなる無鉛半田材料を用いて、電子部材と基板を、Ni被膜を介して接合したことを特徴とする。

【0012】また本発明の電子部品は請求項5記載のように、Fe及びNiのうち少なくとも1種を0.01~4.99重量%、Fe、Ni以外の選択成分が0.01~4.99重量%で、その合計量が0.02~5.0重量%、及び残部がSnと不可避不純物からなる無鉛半田材料を用いて、電子部材と基板を、Ni被膜を介して接合したことを特徴とする。

【0013】また本発明の電子部品は請求項6記載のように、Fe:0.01~4.98重量%、Ni:0.01~4.98重量%、Fe、Ni以外の選択成分:0.01~4.98重量%で、その合計量が0.03~5.0重量%、及び残部がSnと不可避不純物からなる無鉛半田材料を用いて、電子部材と基板を、Ni被膜を介して接合したことを特徴とする。

【0014】本発明の電子部品は請求項7記載のように、上記電子部材がICチップ又はコンデンサであることを特徴とする。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明についてさらに詳しく説明する。

【0016】本発明になる半田材料の組成は、無鉛であることが必要である。本発明に於ける無鉛とは、Pb含有量を環境対策上好ましい量まで低減したものであり、好ましくは不可避不純物中に含まれる微量な程度にまで低減した鉛無添加のものである。

【0017】また本発明の半田材料は融点、濡れ性、コスト等を考慮してSn基である。本発明に於けるSn原料は、99.9重量%以上の高純度Snを用いることが好ましい。更に好ましくは99.99重量%以上である。Sn原料が高純度である程、不可避不純物中にPbの混入を避ける事が出来て好ましい。

【0018】本発明に於いては、所定量のFe、Niのうち少なくとも1種及び残部がSnと不可避不純物からなる無鉛半田材料とすることにより、Fe、Niのうち少なくとも1種とSnとの相乗効果によって、組成がSn基無鉛半田材料でありながら、Ni介在接合性を向上させる事が出来る。

【0019】Fe、Niのうち少なくとも1種を含有するSn基無鉛半田材料に於いて、Fe、Niのうち少なくとも1種の含有量が0.01重量%以上の時、0.01重量%未満と対比してNi介在接合性を大きく向上させる事が出来る。この為、Fe、Niのうち少なくとも1種の含有量は0.01重量%以上である事が必要である。この中でもFe、Niのうち少なくとも1種の含有量が0.1重量%以上の時Ni介在接合性は一段と向上してくる為、好ましくは0.1重量%以上である。

【0020】Fe、Niのうち少なくとも1種の含有量が5重量%を超える時、5重量%以下と対比してNi介在接合性は低下してくる。この為、Fe、Niのうち少なくとも1種の含有量は5重量%以下であることが必要である。

【0021】所定量のFe、Niのうち少なくとも1種の中で、Feを0.01~4.99重量%及びNiを0.01~4.99重量%であって、その合計量を0.02~5重量%とすることによりNi介在接合性は一段と向上し、さらに好ましく用いられる。またその合計量を0.1~5重量%とすることが最も好ましい。

【0022】このため、Fe、Niのうち少なくとも1種及び残部がSnと不可避不純物からなる無鉛半田材料に於いて、Fe、Niのうち少なくとも1種の含有量は0.01~5重量%と定めた。好ましくは0.1~5重量%である。更に好ましくは、Feを0.01~4.99重量%及びNiを0.01~4.99重量%であって、その合計量を0.02~5重量%とすることであり、最も好ましくはその合計量が0.1~5重量%である。

【0023】本発明の無鉛半田材料に於いては、Snの中に、Fe、Niのうち少なくとも1種を0.01~4/99重量%含有する限り、Fe、Ni以外の選択成分を0.01~4.99重量%含有し、その合計量が0.02~5重量%であれば、Ni介在接合性を向上させる事が出来る。また、Snの中に、Feを0.01~4.98重量%、Niを0.01~4.98重量%含有する限り、Fe、Ni以外の選択成分を0.01~4.98重量%含有し、その合計量が0.03~5.0重量%であれば、Ni介在接合性を向上させる事が出来る。

【0024】本発明において選択成分とは、Snの中に所定量のFe、Niのうち少なくとも1種を含有することで得られる効果(Ni介在接合性の向上)を失わせない機能を有する添加元素で、任意に含有させることができるいわゆる随伴元素(incidental elements)である。本発明に係る選択成分としては、Zn、Si、Cu、P、Ag、Sb等が例示出来る。しかしFe、Ni以外の選択成分を含有しない方が、Ni介在接合性を向上させる為に好ましい。

【0025】本発明の無鉛半田材料に於いては、Sn及び不可避不純物の合計含有量は95重量%以上であることが必要である。この時、Ni介在接合性を向上させる事が出来る。

【0026】本発明の無鉛半田材料に於いて、所定量のSnの中に所定量のFe、Niのうち少なくとも1種を含有させることにより、Ni介在接合性を向上させる事が出来る理由は明らかではないが、Ni被膜の損傷の程度が小さいと考えられる。Ni被膜上に半田接合した後、半田をリフローしてNi被膜の損傷の程度を観察すると、従来のSn基無鉛半田材料の場合はNi被膜の損

傷が大きい事に対して、本発明になるSn基無鉛半田材料の場合はNi被膜の損傷が微量であることからいえる事である。

【0027】本発明に用いるSn基無鉛半田材料は、テープ、ワイヤ、ベレット、ボール状に加工して用いたり、浸せき浴や蒸着用の材料として用いることが出来る。また、高融点粒子を混入させた複合材料として使用することも出来る。

【0028】テープ、ワイヤ状の加工方法として次の方法が例示出来る

テープの場合は、インゴットに鑄造した後圧延、スリッター加工を施し所定寸法のテープに仕上げる。テープ寸法としては厚さ0.05~0.5mm、幅0.5~5.0mmの範囲が好ましい。ワイヤの場合は、インゴットの押出し、又は溶湯を水中へ噴出する急冷方法により素線を得て、伸線加工により所定寸法のワイヤに仕上げる。ワイヤ寸法としては直径0.05~5.0mm迄の範囲が好ましい。

【0029】半導体素子を基板に接合するダイボンディングやハイブリッドIC用に本発明になるSn基無鉛半田材料を用いる際、半導体素子と基板の水平度を保つ為に、半田材料に高融点粒子を混入させた複合材料として用いることが出来る。高融点粒子の融点は400℃以上、その含有量は0.001~0.6重量%、粒子の径辺寸法は5~100μmである事が好ましい。高融点粒子の材質としては、Cu、Ni等の金属粒子、SiO<sub>2</sub>等の酸化物、SiC等の炭化物が例示出来る。

【0030】本発明品は、電子部材や基板等の表面にNi被膜が施されている場合に、半田付けすることによる接合性を向上させる事が出来る。その中でも、アルミナ等のようなセラミックスにNi被膜を施して半田付けする場合に好ましい。Ni被膜の形成方法はめっき、蒸着等の方法が用いられる。蒸着によるNi被膜の厚さは1000~3000オングストロームが好ましい。

【0031】次に、図1を参照して本発明になる電子部品の一例を説明する。図1は樹脂封止する前の半導体装置の側面図である。基板であるリードフレームのダイ1表面にNiめっき2を設けてある。半導体素子であるICチップ5の上面にはAl電極6、下面にはメタライズ層であるNiめっき4を設けてある。すなわち半田層3は、Ni被膜であるめっき層2、4を介してダイ1とICチップ5を接続している。ICチップ5の上面のAl電極6には、金線のワイヤ7がワイヤボンダ接続されて

いる。前記半田層3による接続方法は、Niめっき層2を有するダイ1表面に半田ベレット、Niめっき層4を有するICチップ5を順に積載し、水素雰囲気の中を通過させて半田付けを行う。また、プリント基板上の配線上の所定箇所、Ni被膜を有するICチップやコンデンサ等の電子部材を半田を介して接続し搭載し、その後樹脂封止して電子部品である半導体装置とする。

【0032】

【実施例】

- 10 (実施例1) 図2に示す試験装置と測定方法に関する概要図を参照して説明する。純度が99.99重量%Sn地金とFeを所定量配合し、真空溶解した後、鑄造して表1に示す組成のインゴットを得た。該インゴットを圧延して厚さ0.1mm×幅10.0mmテープを得た。さらに前記テープを素材としてプレス加工を行い、厚さ0.1mm×直径1.8mmの半田ベレットに仕上げた。アルミナ基板11、11'上に蒸着により形成した2000オングストロームのNi被膜12、12'を形成し、図示のようにNi被膜12、12'を介して、フラックス(日本アルファメタル製R5003)を塗布した前記半田ベレット13を3箇所載置し、Ni被膜12、12'を図示のようにリード14で配線した。次いで、該試験装置を水素雰囲気の中を加熱した後、炉外に取り出して冷却することによりアルミナ基板11、11'同士をNi被膜12、12'を介して3箇所
- 20 で半田付け接合した。次いで図示のように、1mAの一定電流を流して半田ベレット間の電圧V<sub>1</sub>、V<sub>2</sub>を測定し、 $R = (V_1 + V_2) / I$ から抵抗値を測定した。図2と同一の試験装置を、前記した半田付け方法により100回繰り返して半田付けすることによる劣化性能を試験した。前記した半田付け方法による半田付けを1回行った時の抵抗値RをR<sub>1</sub>とし、100回行った時の抵抗値RをR<sub>100</sub>とし、 $(R_{100} / R_1)$ を半田付け性劣化度とした。試験装置5個の平均値を半田付け性劣化度の測定結果として表2に示す。

【0033】(実施例2~20/比較例1~6) 実施例1で説明したインゴットの組成を表1中に記載のようにしたこと以外は、実施例1と同様にして半田ベレットを得た後、試験装置を作成して、半田付け性劣化試験を行った。試験装置5個の平均値を半田付け性劣化度の測定結果として表2に示す。

【0034】

【表1】

|     |    | 組成 (重量%) |      |     |     |     |     |    |
|-----|----|----------|------|-----|-----|-----|-----|----|
|     |    | Fe       | Ni   | Zn  | Si  | Cu  | P   | Sn |
| 実施例 | 1  | 0.01     | —    | —   | —   | —   | —   | 残  |
|     | 2  | 0.1      | —    | —   | —   | —   | —   | "  |
|     | 3  | 1.0      | —    | —   | —   | —   | —   | "  |
|     | 4  | 5.0      | —    | —   | —   | —   | —   | "  |
|     | 5  | —        | 0.01 | —   | —   | —   | —   | "  |
|     | 6  | —        | 0.1  | —   | —   | —   | —   | "  |
|     | 7  | —        | 1.0  | —   | —   | —   | —   | "  |
|     | 8  | —        | 5.0  | —   | —   | —   | —   | "  |
|     | 9  | 1.0      | 0.01 | —   | —   | —   | —   | "  |
|     | 10 | "        | 0.1  | —   | —   | —   | —   | "  |
|     | 11 | "        | 1.0  | —   | —   | —   | —   | "  |
|     | 12 | "        | 4.0  | —   | —   | —   | —   | "  |
|     | 13 | 0.01     | 1.0  | —   | —   | —   | —   | "  |
|     | 14 | 0.1      | "    | —   | —   | —   | —   | "  |
|     | 15 | 4.0      | "    | —   | —   | —   | —   | "  |
|     | 16 | 0.1      | 0.1  | —   | —   | —   | —   | "  |
|     | 17 | 0.6      | —    | —   | 0.2 | —   | —   | "  |
|     | 18 | —        | 0.2  | —   | —   | 3.0 | —   | "  |
|     | 19 | —        | 2.5  | —   | —   | —   | 0.5 | "  |
|     | 20 | 1.0      | 1.0  | 2.0 | —   | —   | —   | "  |
| 比較例 | 1  | —        | —    | —   | —   | —   | —   | 残  |
|     | 2  | —        | —    | —   | 0.2 | —   | —   | "  |
|     | 3  | 7.0      | —    | —   | —   | —   | —   | "  |
|     | 4  | —        | 7.0  | —   | —   | —   | —   | "  |
|     | 5  | 4.0      | 3.0  | —   | —   | —   | —   | "  |
|     | 6  | 1.0      | 1.0  | 8.0 | —   | —   | —   | "  |

【0035】

【表2】

|     |    | 測定結果                         |
|-----|----|------------------------------|
|     |    | 半田付け性劣化度<br>( $R_{10}/R_1$ ) |
| 実施例 | 1  | 2.0                          |
|     | 2  | 1.8                          |
|     | 3  | 1.6                          |
|     | 4  | 1.6                          |
|     | 5  | 2.0                          |
|     | 6  | 1.7                          |
|     | 7  | 1.6                          |
|     | 8  | 1.8                          |
|     | 9  | 1.1                          |
|     | 10 | 1.1                          |
|     | 11 | 1.2                          |
|     | 12 | 1.4                          |
|     | 13 | 1.3                          |
|     | 14 | 1.3                          |
|     | 15 | 1.4                          |
|     | 16 | 1.4                          |
|     | 17 | 2.4                          |
|     | 18 | 2.7                          |
|     | 19 | 2.5                          |
|     | 20 | 2.3                          |
| 比較例 | 1  | 3.9                          |
|     | 2  | 3.8                          |
|     | 3  | 3.5                          |
|     | 4  | 3.6                          |
|     | 5  | 3.2                          |
|     | 6  | 3.1                          |

【0036】以上の測定結果によれば、半田付け性が悪いアルミナ表面にNi被膜を形成して半田付け試験を行ったところ、本発明になるSn基無鉛半田材料を用いると、Pb基半田材料を用いた時に得られたような接合性の向上が得られた。従来のSn基無鉛半田材料を用いると、十分な接合性の向上が得られていないが、この理由はNi被膜が溶解、損傷し非接合面が出来ている事が判った。該非接合面が出来ると電気抵抗が増大することに着目し、本試験では前述した( $R_{10}/R_1$ )を半田付け性劣化度として半田付け性の評価基準とした。

【0037】すなわち、0.01~5.0重量%のFe及び残部が不可避不純物とSnである実施例1~4は、半田付け性劣化度が1.6~2.0と優れた効果を示した。この中でも、Feの含有量が0.1~5.0重量%のものは、半田付け性劣化度1.6~1.8と更に優れた効果を示した。

【0038】0.01~5.0重量%のNi及び残部が不可避不純物とSnである実施例5~8は、半田付け性劣化度が1.6~2.0と優れた効果を示した。この中でも、Niの含有量が0.1~5.0重量%のものは、半田付け性劣化度1.6~1.8と更に優れた効果を示

した。

【0039】0.01~4.0重量%のFeと0.01~4.0重量%のNiを、その合計量が0.2~5.0重量%とし、残部が不可避不純物とSnである実施例9~16は、半田付け性劣化度が1.1~1.4と更に優れた効果を示した。

【0040】所定量のFe及びNiのうち少なくとも1種と、選択成分としてZn、Si、Cu、Pを0.2~3.0重量%、及び残部が不可避不純物とSnである実施例17~20の半田付け性劣化度は、2.3~2.7と一応の成果が得られている。

【0041】一方、不可避不純物とSnのみからなる比較例1は、半田付け性劣化度が3.9と悪いものであった。所定量のFe及びNiの双方を含有せず、選択成分としてSiを0.2重量%、及び残部が不可避不純物とSnである比較例2の半田付け性劣化度は、3.8と悪いものであった。Fe又はNiを7.0重量%、及び残部が不可避不純物とSnである比較例3~4の半田付け性劣化度は、3.5~3.6と悪いものであった。Fe及びNiをその合計量として7.0重量%、及び残部が不可避不純物とSnである比較例5の半田付け性劣化度は、3.2と悪いものであった。所定量のFe及びNiのうち少なくとも1種を含有しているものの、選択成分として8.0重量%Zn、及び残部が不可避不純物とSnである比較例6の半田付け性劣化度は、3.1と悪いものであった。

【0042】

【発明の効果】以上のように、Ni被膜を介在させた半田付けに際して、本発明の無鉛半田材料によれば、所定量のFe及びNiのうち少なくとも1種をSnに含有させることにより半田付け性劣化度を向上させる事が出来た。従って、無鉛Sn基であって、Ni被膜を介在させて半田付けする際の接合性を向上させることが出来るという優れた効果を有している。本発明の必須成分である所定量のFe及びNiのうち少なくとも1種を含有する限り、0.48重量%迄の選択成分を含んでも良い。しかし、中でも選択成分を含有せずに所定量のFe及びNiのうち少なくとも1種をSnに含有させることで、Ni被膜を介在させて半田付けする際の接合性を向上し得るより好ましい効果が得られた。さらには、所定量のFe及びNiの双方をSnに含有させることにより、Ni被膜を介在させて半田付けする際の接合性を向上し得る最も好ましい効果が得られた。

【0043】また本発明に係る電子部品によれば、上記無鉛半田材料を用いて、Ni被膜を介在させて電子部材と基板を半田付けしてなるので、廃棄処理、環境対策等の課題に対応でき、且つ電子部材と基板の接合性に優れた信頼性の高い電子部品を提供できた。この中でも、選択成分を含有せず所定量のFe、Niの少なくとも1種を含有した無鉛半田材料を用いた場合、半田付け接合性

を向上し得、より信頼性の高い電子部品が得られた。また、所定量のFe, Niの双方を含有した無鉛半田材料を用いた場合、半田付け接合性をさらに向上し得、最も信頼性の高い電子部品が得られた。

【図面の簡単な説明】

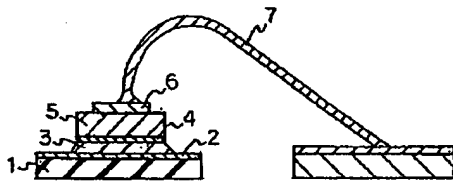
【図1】電子部品の一例を示す半導体装置の側面図。

【図2】試験装置と測定方法に関する概要図。

【符号の説明】

- 1 : リードフレームのダイ  
2, 4 : Niめっき (Ni被膜)  
3 : 半田層 (無鉛半田材料)

【図1】



5 : ICチップ

6 : Al電極

7 : ワイヤ

11, 11' : アルミナ基板

12, 12' : Ni被膜

13 : 半田ペレット (無鉛半田材料)

14 : リード

15 : 電源

16 : 電圧計

10 17 : 電流計

【図2】

